

# Chemické složení turmalínu z elbaitového pegmatitu Dolní Rožínka

## Chemical composition of tourmaline from the Dolní Rožínka elbaite pegmatite

FRANTIŠEK NOVOTNÝ\*, MILAN NOVÁK A JAN CEMPÍREK

Ústav geologických věd, Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, Kotlářská 2, 611 37 Brno;  
\*e-mail: 451144@mail.muni.cz

NOVOTNÝ F, NOVÁK M, CEMPÍREK J (2019) Chemické složení turmalínu z elbaitového pegmatitu Dolní Rožínka. Bull Mineral Petrolog 27(1): 38-45 ISSN 2570-7337

### Abstract

Chemical composition of tourmaline in the elbaite-subtype granitic pegmatite at Dolní Rožínka records evolution of pegmatitic melt during crystallization. Chemistry of six textural-paragenetic types of tourmaline, including metasomatic tourmaline after biotite, tourmaline + quartz intergrowths, zoned tourmaline from pocket, acicular tourmaline overgrowths on the top of the zoned crystal from pocket, and metasomatic/hydrothermal aggregates and veinlets of Li-tourmaline + quartz were studied using electron microprobe. The tourmaline after biotite is slightly Al-deficient Mg-enriched schorl whereas tourmaline intergrown with quartz is schorl with slightly higher Mg contents and vacancies at the X-site. Cores of tourmalines from pockets are formed by Li-rich schorl whereas rims by Mn-rich elbaite. The zoned crystals from pockets are sometimes overgrown by acicular tourmaline with heterogeneous composition corresponding to elbaite, locally with elevated amounts of Ca and F. Metasomatic tourmaline has very heterogeneous chemical composition enriched in F, Ca, Mn, and Mg, corresponding to schorl, fluor-schorl, elbaite and fluor-elbaite. Evolution of tourmaline in the Li-pegmatite at Dolní Rožínka is in many aspects (such as tourmaline textures and chemical composition) similar to the elbaite-subtype pegmatite at Pikárec (which reached higher amounts of Mn). On the other hand, the elbaite pegmatite at Řečice is texturally and chemically (especially in higher F and Ca contents in tourmaline) rather different.

**Keyword:** lithium, boron, granitic pegmatite, tourmaline, biotite, elbaite subtype, schorl, electron microprobe

Obdrženo 13. 3. 2019; přijato 16. 5. 2019

### Úvod

Granitické pegmatity jsou jedinečné magmatické horniny, které představují důležitý zdroj informací o geologickém vývoji regionu, a jsou zdrojem ekonomicky důležitých surovin. Jejich studium má na území ČR velkou tradici, věnovala se jim řada mineralogů a petrologů jako například J. Sekanina, F. Čech, J. Staněk, P. Černý, P. Povondra, D. Němec a další. Novák a Povondra (1995) vyčlenili nový elbaitový subtyp komplexních Li-pegmatitů právě z oblasti moldanubika. Je unikátní svou minerální asociací a stavbou; typické jsou vysoké obsahy B, které vedou k hojnému výskytu turmalínů, vzácných borátů a pouze malému množství světlých slíd.

Struktura turmalínu je velmi flexibilní a umožňuje vstup široké škály prvků (např. Henry et al. 2011); díky tomu jsou velmi dobrým indikátorem chemického složení taveniny a fluidní fáze, z níž pegmatit krystalizuje (např. Selway et al. 1999; Ercit et al. 2003; Lussier et al. 2011; Lussier, Hawthorne 2011; Novák et al. 2012; Zahradníček 2012; Flégr 2016; Dutrow, Henry 2016, 2018).

Granitický pegmatit elbaitového subtypu z Dolní Rožínky je známý přibližně od druhé poloviny 80. let (Novák, Mazuch 1987) a v minulých dvou desetiletích byl několikrát otevřen sběrateli, kteří hledali především dutiny s barevnými turmalíny (obr. 1). V předchozích publikacích byla věnována pozornost hlavně popisu stavby pegmatitu a minerálních asociací (Novotný, Mazuch

1999). Pouze dva minerály byly podrobeny analýze: amblygonit-montebrazit (Pauliš, Mazuch 2003) a polyolithionit (Zahradníček, Novák 2012). Turmalínům nebyla věnována větší pozornost; v této práci proto přinášíme první data o složení turmalínu z tohoto elbaitového pegmatitu.

### Elbaitový pegmatit Dolní Rožínka

Pegmatitová žíla leží asi 300 m ssz. od obecního úřadu v Dolní Rožínce. V blízkosti pegmatitu se nachází zatopený jámový lom v dolomitických mramorech. Těleso pegmatitu bylo poprvé popsáno (Novák, Mazuch 1987) na základě balvanů nalezených na okraji lesa asi 300 m ssz. od výchozu. Novotný a Mazuch (1999) popsali na základě terénních prací stavbu pegmatitu a minerální asociaci jednotlivých jednotek.

Lokalita se nachází ve strážeckém moldanubiku, několik km od kontaktu moldanubické zóny se svrateckým krystalinikem. Těleso pegmatitu proráží dolomitické mramory (s flogopitem a vzácným spinelem; Novotný, Mazuch 1999); je strmě ukloněné mezi 70 - 86° k východu, s maximální zjištěnou mocností až 1.3 m. V sz. části pegmatitu se nachází 15 cm mocná drcená zóna mylonitu tvořená dolomitickým mramorem a jílovými minerály. V jižní části pegmatitu byla zastižena na kontaktu s pegmatitem značně alterovaná amfibolická rula (Novotný, Mazuch 1999). Stavbu pegmatitové žíly popsanou Novot-

ným a Mazuchem (1999) bylo možné na základě našeho studia zpřesnit a doplnit. Hlavní texturně-genetické typy turmalínu jsou shrnuty v tabulce 1.

Pegmatit je pravděpodobně symetricky zonální. I přes relativně velké množství dostupného materiálu se nepodařilo nalézt vzorky z kontaktu pegmatitu s hostitelskou horninou, který je uváděný Novotným a Mazuchem (1999). V části žíly bez albitové mineralizace se objevuje okrajová **granitická** jednotka tvořená živcem, křemenem, muskovitem a černým turmalínem; ta přechází do grafické jednotky tvořené grafickými srůsty K-živce a křemene. Na rozhraní mezi granitickou a grafickou jednotkou se objevují turmalíny kónického tvaru (Tur 1) rozšiřující se směrem do středu ke grafické jednotce, maximálně 3 cm dlouhé.

V části žíly s albitovou mineralizací popsali Novotný a Mazuch (1999) okrajový **aplitický pegmatit**, který má tvořit zónu o mocnosti 15 - 30 cm, tvořenou jemnozrnným agregátem křemene a růžovým K-živcem s alterovanými lištami biotitu (annitu); v nám dostupných vzorcích je tento texturní typ pegmatitu paradoxně vzácný. Následující hrubozrnný **grafický pegmatit** o mocnosti až 1 m je tvořený písmenkovým srůstem křemene s albitem nebo K-živcem; v této grafické jednotce, blíže k okraji, se objevují lišty biotitu až několik cm dlouhé, které směrem do centra mizí a rychle nastupují grafické srůsty turmalín (Tur 2a) + křemen a granát + křemen o velikosti obvykle do 5 cm. Biotit je často zatlačován turmalínem (Tur 2b) a

mladšími žilkami Li-turmalínu (Tur 2c). V primitivní části zóny se někdy objevuje sytě zelený beryl (Brl 1a) v prizmatických krystalech až 1 cm velkých (často alterovaných na bílou zemitou hmotu) a na rozhraní s albitovou jednotkou pak bílý až nažloutlý, krátce prizmatický beryl (Brl 1b) o rozměrech až 10 × 6 mm.

Grafická jednotka někdy hrubne do **blokové jednotky** (se stejnou mineralogií) ve které tvoří K-živce zrna až 10 cm velká. V blokové jednotce a jejích dutinách se nacházejí metasomatická hnízda albitu. Na okraji těchto albitových jader obsahuje grafická jednotka často žlutozelený, dlouze prizmatický beryl (Brl 2), ojediněle s modrým apatitem. Hnízda **albitové jednotky** obvykle nepřesahují v průměru 30 cm. K-živce je v nich zatlačován namodralým lupenitým albitem; v **dutinách** pak tvoří albit (cleavelandit) světle zelenomodré lupeny a jejich kulovité agregáty. Spolu s cleavelanditem se objevují krystaly černých turmalínů (Tur 3a) s růžovofialovými lemy nebo samostatné krystaly Li-turmalínu (Tur 3b; obvykle růžové až fialové, velmi vzácně modré barvy) spolu s mladšími krystaly křemene, bílými krystaly K-živce; vzácně se v dutinách objevují stříbrošedé agregáty polyolithionitu a velmi vzácně i modravě bílý apatit a narůžovělý beryl (Brl 3). Na ukončení turmalínů v dutinách se vzácně vyskytovala mladší jehlicovitá generace (Tur 3c). Samostatně lze vyčlenit růžovofialový turmalín (Tur 3d), tvořící jen několik mm dlouhé sloupcovité krystaly na plochách K-živce v dutinách.



**Obr. 1** Ukázky barevných turmalínů z dutin pegmatitu v Dolní Rožince. Šířka pohledu je 2 cm (volný krystal) a 2,5 cm (drůza na živci).

**Tabulka 1** Vyčlenění jednotlivých typů turmalínů

Jednotka	Typ	Popis
Granitická	Tur 1	černé kónické krystaly turmalínu v pegm. s muskovitem, běžně 3 cm dlouhé
Grafická	Tur 2a	černý turmalín graficky srůstající s křemenem (srůsty nepřesahují velikost 5 cm)
	Tur 2b	černý turmalín zatlačující biotit (lišty do 4 cm)
	Tur 2c	metasomatický turmalín v podobě žilek kolmých na lišty biotitu zatlačené Tur 2b
Bloková, albitová a dutiny	Tur 3a	černý prizmatický/kónický turmalín, který vyrůstá z agregátů grafického turmalínu a křemene (Tur 2a) směrem do albitové jednotky a do dutin (maximálně 10 cm dlouhý a 3 cm široký)
	Tur 3b	růžový turmalín, který v tenkých vrstvách často lemuje starší Tur 3a (šířka lemu nepřesahuje 3 mm)
	Tur 3c	jehlicovitý turmalín, který narůstá na starší Tur 3b v dutinách (okolo 5 mm dlouhý)
	Tur 3d	růžový až fialový turmalín tvořící samostatné krystalky na bílém K-živci a cleavelanditu v dutinách (maximálně 4 mm dlouhý 1 mm široký)

Zajímavá je vzácně nalezená, silně hydrotermálně alterovaná, partie pegmatitu; jedná se o jemnozrnnou hmotu tvořenou chalcedonem s častými dutinami s krystalky křemene. V rámci pegmatitu je tato zóna situovaná přibližně v albitové jednotce, jelikož na okrajích této jednotky se nacházejí zarostlé krystaly křemene, K-živce a černého turmalínu v jemnozrnné hmotě chalcedonu.

Pauliš a Mazuch (2003) z tohoto pegmatitu popsali minerál, který rentgenografickou analýzou odpovídá amblygonit-montebrazitu. Dosud poslední publikace, týkající se elbaitového pegmatitu, pochází od Zahradníčka a Nováka (2012), kteří analyzovali velmi vzácně se vyskytující Li-slídy a potvrdili, že se jedná o polyolithionit, což je pro elbaitový subtyp typické (Novák, Povondra 1995).

## Metodika

Vzorky pro studium stavby pegmatitu a textur odebrané během posledních cca 10 let pocházejí ze sběrů autorů. Vzorky byly analyzovány na elektronové mikrosondě Cameca SX 100 na pracovišti elektronové mikroskopie a mikroanalýzy ÚGV, Přírodovědecké fakulty, Masarykovy Univerzity (operátor Mgr. Jakub Haifler). Bodové chemické analýzy byly prováděny ve vlnově disperzním módu za těchto analytických podmínek: urychlovací napětí 15 kV, proud 10 nA, velikost elektronového svazku 5 µm. Pro analýzu turmalínů byly použity následující standardy: albit (Na), almandin (Fe), spessartin (Mn), ortoklas (K), anatas (Ti), andalusit (Si), sanidin (Al), forsterit (Mg), wollastonit (Ca), ScVO<sub>4</sub> (V), chromit (Cr), fluorapatit (P), Ni<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub> (Ni), gahnit (Zn), topaz (F). Hodnoty pro V, Cr, P, Ni a K byly

**Tabulka 2** Reprezentativní analýzy turmalínů z pegmatitu Dolní Rožinka

Generace	2a	2a	2b	2b	2c	2c	3a	3a	3b	3b	3c	3c	3c	3c	
Popis	Tur+Qtz srůsty	Tur po biotitu	Metasom.	žilka	Dutina jádro	Dutina lem	Jehlice bez F	Jehlice s vysokým F							
SiO <sub>2</sub>	35.04	34.97	35.15	35.65	34.69	35.75	36.12	35.45	37.37	37.18	37.09	37.22	35.99	36.36	37.14
TiO <sub>2</sub>	0.59	0.47	0.69	0.69	0.79	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	10.36	10.24	10.24	10.41	10.08	10.55	10.46	10.28	11.01	10.79	11.00	11.09	10.70	10.74	10.95
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	31.97	30.61	29.40	30.63	28.80	35.45	33.76	32.25	40.88	37.55	41.08	41.54	38.75	38.61	39.19
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	0.00	0.00	0.36	0.06	0.00	0.00	1.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO*	15.11	15.41	15.38	14.14	16.96	7.59	11.98	15.17	1.09	2.24	1.44	1.79	2.62	2.73	1.87
MnO	0.43	0.41	0.47	0.36	0.80	1.70	1.75	1.78	1.45	5.68	1.30	1.23	2.76	2.54	3.15
ZnO	0.08	0.18	0.09	0.15	0.20	0.12	0.04	0.00	0.06	0.00	0.01	0.05	0.07	0.06	0.22
MgO	1.98	2.27	3.01	3.53	1.83	0.25	0.04	0.07	0.01	0.01	0.04	0.01	0.01	0.06	0.01
Li <sub>2</sub> O*	0.06	0.05	0.00	0.00	0.00	1.29	0.48	0.25	1.81	1.24	1.75	1.72	1.52	1.55	1.67
CaO	0.29	0.31	0.37	0.39	0.65	1.59	0.00	0.03	0.15	0.03	0.17	0.18	0.62	0.57	0.81
Na <sub>2</sub> O	2.19	2.44	2.53	2.30	2.23	1.90	1.77	2.30	2.26	2.21	2.23	2.24	2.12	2.13	2.16
F	0.17	0.16	0.10	0.13	0.12	1.19	0.10	0.09	0.21	0.14	0.14	0.15	0.70	0.66	0.79
H <sub>2</sub> O*	3.49	3.46	3.49	3.53	3.41	3.07	3.56	3.50	3.70	3.66	3.73	3.75	3.36	3.39	3.40
-O=F	-0.07	-0.07	-0.04	-0.06	-0.05	-0.50	-0.04	-0.04	-0.09	-0.06	-0.06	-0.06	-0.29	-0.28	-0.33
Suma	101.69	100.91	101.23	101.90	100.50	100.06	101.16	101.14	99.92	100.67	99.93	100.89	98.93	99.11	101.02
T Si	5.877	5.937	5.964	5.953	5.983	5.890	6.000	5.991	5.899	5.988	5.861	5.835	5.846	5.887	5.897
Al	0.123	0.063	0.036	0.047	0.017	0.110	0.000	0.009	0.101	0.012	0.139	0.165	0.154	0.113	0.103
B	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Z Al	6.000	6.000	5.844	5.983	5.839	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000
Mg	0.000	0.000	0.156	0.017	0.161	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Y Ti	0.074	0.060	0.088	0.087	0.102	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	0.199	0.062	0.000	0.000	0.000	0.772	0.610	0.413	1.504	1.116	1.511	1.509	1.262	1.254	1.231
Fe <sup>3+</sup>	0.000	0.000	0.046	0.008	0.000	0.000	0.142	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe <sup>2+</sup>	2.120	2.188	2.182	1.975	2.446	1.046	1.665	2.144	0.144	0.302	0.190	0.235	0.356	0.369	0.248
Mn	0.061	0.058	0.067	0.050	0.116	0.237	0.246	0.255	0.194	0.775	0.174	0.163	0.380	0.348	0.424
Zn	0.010	0.023	0.012	0.018	0.025	0.014	0.005	0.000	0.007	0.000	0.001	0.006	0.008	0.008	0.025
Mg	0.495	0.574	0.605	0.862	0.310	0.060	0.011	0.018	0.003	0.001	0.009	0.001	0.003	0.014	0.002
Li	0.042	0.034	0.000	0.000	0.000	0.857	0.321	0.170	1.148	0.806	1.114	1.086	0.991	1.008	1.069
X Ca	0.052	0.056	0.068	0.070	0.120	0.280	0.000	0.006	0.026	0.006	0.029	0.030	0.107	0.100	0.138
Na	0.713	0.803	0.834	0.743	0.745	0.608	0.569	0.755	0.692	0.691	0.683	0.682	0.668	0.669	0.665
vak.	0.235	0.140	0.098	0.187	0.135	0.112	0.431	0.240	0.282	0.303	0.287	0.288	0.224	0.232	0.197
V OH	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
W F	0.092	0.087	0.055	0.070	0.067	0.622	0.055	0.050	0.104	0.070	0.069	0.074	0.360	0.339	0.396
OH	0.908	0.913	0.946	0.930	0.922	0.378	0.945	0.950	0.896	0.930	0.931	0.926	0.640	0.661	0.604

\*Dopočítáno podle ideální stechiometrie (viz Metodika).

pod detekčním limitem. Detekční limity pro většinu prvků byly v rozsahu 300 - 500 ppm (Ca, Mg, Al, Si, P, V, Cr, Ti, Na, K), vyšší byly u Mn, Fe, F, Ni (600 - 1000 ppm) a u Zn (ca. 1500 ppm). V tabulce 2 jsou uvedeny reprezentativní analýzy hlavních typů turmalínu.

Vzorce turmalínu byly vypočítány v programu Microsoft Excel s normalizací na 31 aniontů. Pro dopočet prvků byly použity následující předpoklady:  $B=3 \text{ apfu}$ ,  $Li=15-(Y+Z+T)$ ,  $OH=31-F-O$ . Rozpočet minimálního obsahu  $Fe^{3+}$  byl proveden na základě ideální stechiometrie a elektroneutrálního vzorce. Empirický postup výpočtu Li (Pesquera et al. 2016) poskytl obecně srovnatelné výsledky, ale vzhledem k výrazně odlišnému vývoji turmalínu v elbaitových (a dalších) pegmatitech není tento postup v praxi použitelný.

V grafech dále prezentujeme šedými symboly analytická data z turmalínu (turmalín ze srůstů s křemenem a turmalín v dutině bez rozlišení zón), která byla měřena před rokem 2000 pomocí metodiky uvedené v článku Selway et al. (1999).

### Chemické složení turmalínů

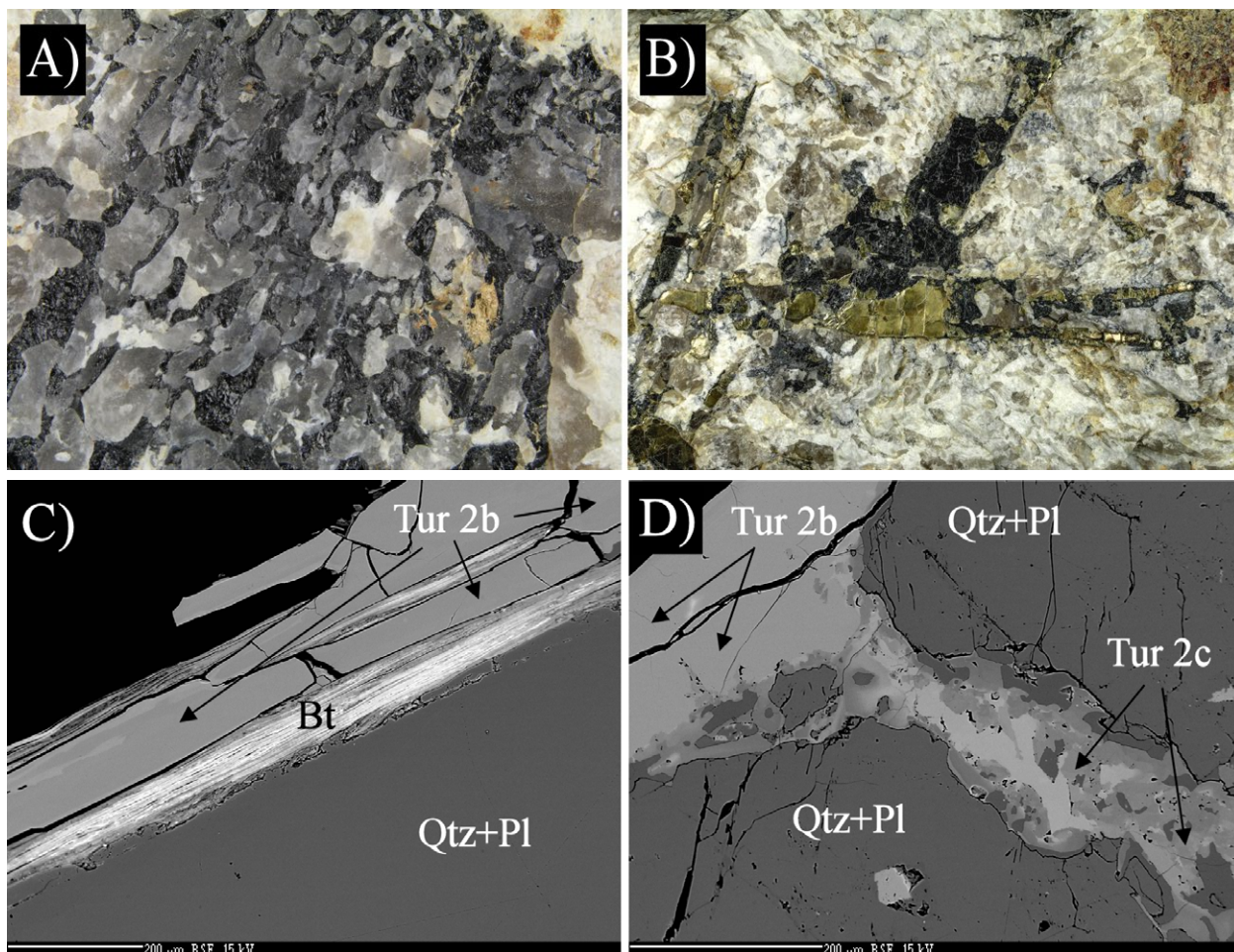
V této práci jsme studovali složení šesti převládajících typů turmalínu – Tur 2a,b,c a Tur 3a,b,c (tab. 1); složení pro texturní typy Tur 1 a Tur 3d není prozatím známo. Fotografie a BSE snímky všech studovaných typů jsou na obrázcích 2 a 3.

### Grafická jednotka

Primární turmalíny, které tvoří grafické srůsty s křemenem (Tur 2a; obr. 2A), jsou chemicky relativně homogenní; všechny analytické body spadají do klasifikačního pole skorylu (obr. 4); mají vysoký obsah Na (0.71 - 0.80 *apfu*), nízký obsah F (do 0.09 *apfu*), relativně nízký obsah Al (6.10 - 6.32 *apfu*) a výrazně v nich převládá Fe nad Mg (2.12-2.19 *apfu* Fe; 0.49-0.57 *apfu* Mg).

Turmalín po biotitu (Tur 2b; obr. 2B, 2C, 2D) se takřka neliší od grafického turmalínu jen s tím rozdílem, že má nepatrně nižší množství Al (5.88 - 6.05 *apfu*) a relativně zvýšené množství Mg a Ca (0.73 - 0.88 *apfu* Mg; 0.06 - 0.08 *apfu* Ca), respektive turmalín ve srůstech s křemenem má mírně vyšší vakanci v pozici X (obr. 4A).

Od původní pseudomorfozy turmalínu po liště biotitu vybíhají příčné žilky metasomatického turmalínu (Tur 2c; obr. 2D). Má značně variabilní složení (0.58 - 0.78 *apfu* Na; 0.12 - 0.30 *apfu* Ca; 1.02 - 2.45 *apfu* Fe; 0.04 - 0.49 *apfu* Mg; 0.12 - 0.25 *apfu* Mn; 0.06 - 0.62 *apfu* F) a především zvýšený obsah Li (až 0.78 *apfu*). Klasifikací spadá celkem do čtyř druhů turmalínu – skoryl, fluor-skoryl, elbait a fluor-elbait. Zvýšené obsahy Mn ukazují vysokou frakcionaci zatlačujících fluid. Plagioklas na kontaktu s metasomatickou žilkou je albit s nízkým obsahem Ca ( $Ab_{92}An_6Or_2$ ).



Obr. 2 Fotografie a BSE snímky texturních typů studovaných turmalínů; A) grafický srůst Tur 2a + křemen (šířka pohledu 3 cm); B) Tur 2b po biotitu (šířka pohledu 4 cm); C) BSE snímek Tur 2b po biotitu; D) BSE snímek žilky metasomatického Tur 2c pronikající od Tur 2b.

### Albitová jednotka a dutiny

Dutinový turmalín je mírně oscilačně zonální a obvykle se skládá ze staršího skorylového jádra (Tur 3a), které postupně přechází do lemu růžového elbaitu (Tur 3b; obr. 3A, 3B). Skorylové jádro má poměrně primitivní složení (0.57 - 0.75 *apfu* Na; 1.81 - 2.14 *apfu* Fe; 0.23 - 0.26 *apfu* Mn; 0.18 - 0.32 *apfu* Li), zatímco lem je ochuzen Fe a nabožen Li a Mn (0.69 - 0.74 *apfu* Na; 0.12 - 0.30 *apfu* Fe; 0.19 - 0.77 *apfu* Mn; obr. 3); Mg je v turmalínu z albitové jednotky a dutin pod detekčním limitem. Podobný vzorek ze starších analýz (šedé symboly na obr. 4) je dále výrazně nabožen fluórem (0.65 - 0.77 *apfu* Na; 0.09 - 0.24 *apfu* Fe; 0.17 - 0.51 *apfu* Mn; až 0.44 *apfu* F).

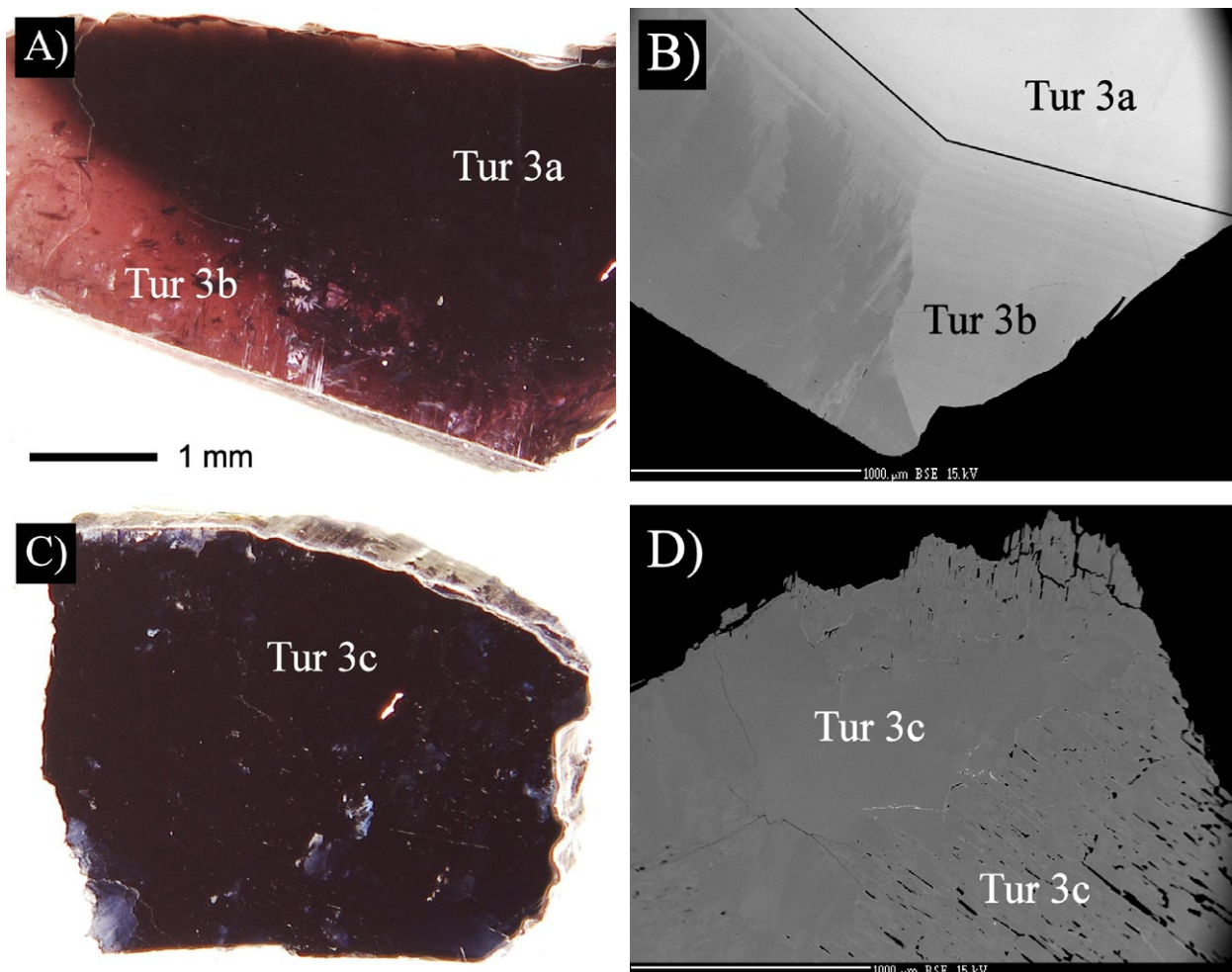
Na bazálním ukončení zonálního krystalu z dutin se vyskytuje mladší, chemicky heterogenní modrý nárůst jehlicovitého elbaitu (Tur 3c; obr. 3C, 3D). Převládá elbait s nižším obsahem Mn a velmi nízkým obsahem F do 0.1 *apfu* (obr. 4B); v tenkých zónách a jehlicích se v něm pak objevuje i turmalín s výrazně vyššími obsahy Ca a F (0.68 - 0.71 *apfu* Na; 0.01 - 0.14 *apfu* Ca; 0.04 - 0.40 *apfu* F). Z BSE snímků není zřejmé, zda se jedná o zatlačování nebo o nemísitelnost těchto dvou složení.

### Diskuse

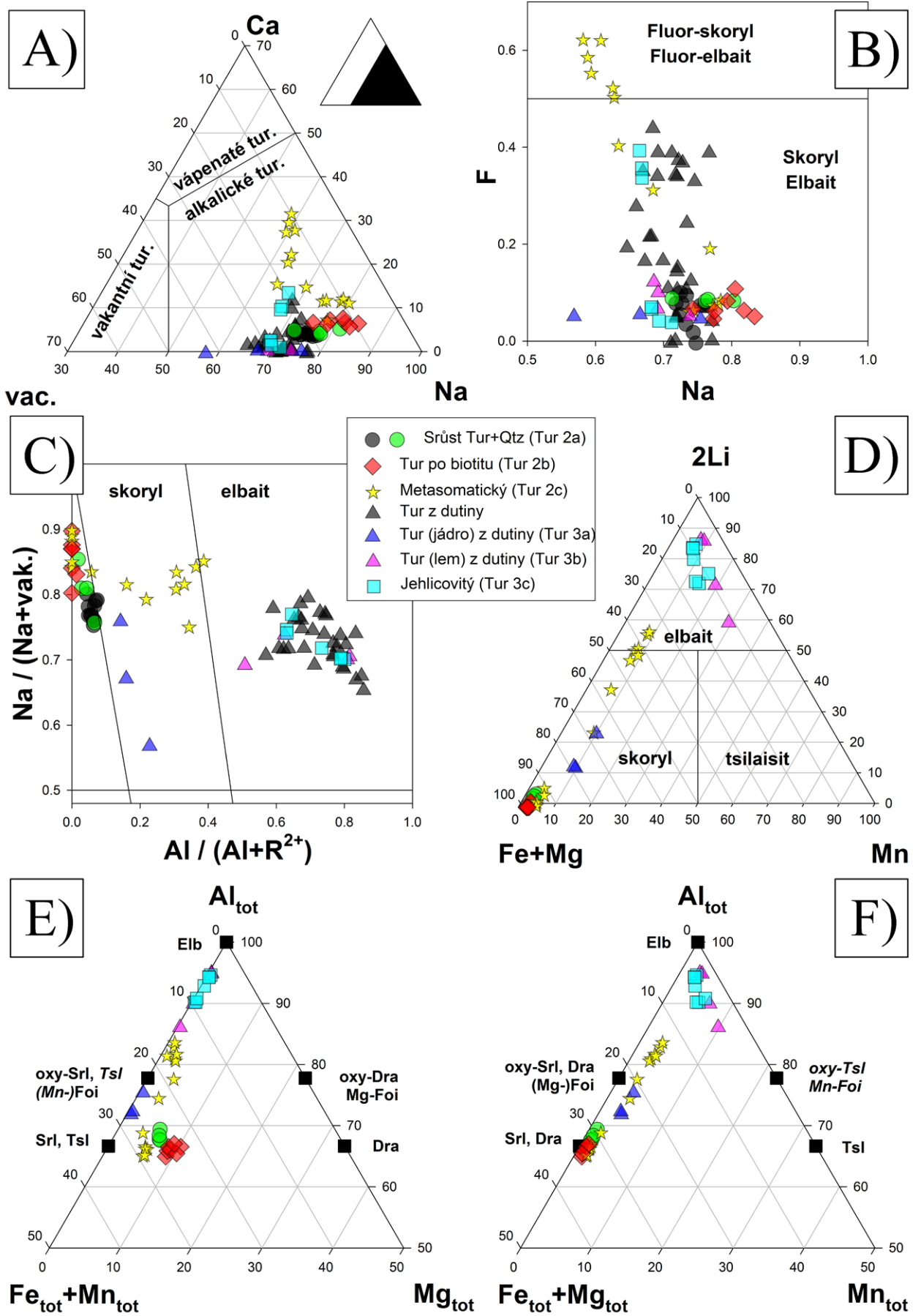
#### Vývoj složení turmalínu

Složení primárního turmalínu ukazuje na postupný vývoj od Mg-obohaceného složení v grafické jednotce, kde se turmalín objevuje v grafických srůstech s křemenem (Tur 2a) a spolu s biotitem (Tur 2b); typy Tur 2a a 2b mají zároveň nízké obsahy F a Mn a vysoké obsahy Na. Snížené obsahy Al v turmalínu po biotitu jsou důsledkem nízkého poměru Al/Si v původním biotitu.

Turmalín z dutin již vykazuje velmi vysoký stupeň frakcionace s vysokým obsahem Li a Mn, v zonálních krystalech se směrem od středu (Tur 3a) k okraji (Tur 3b) snižuje množství Fe a zvyšuje se množství Mn společně s Li a Al (obr. 4D). Obsahy F v obou turmalínech jsou relativně nízké, obsah F se dramaticky zvyšuje až v pozdní generaci jehlicovitého turmalínu (Tur 3c), kde se zvyšuje i obsah Ca a Mn. Tento nárůst ukazuje na zvýšenou dostupnost Ca a F v reziduální tavenině; časově mohl souhlasit s koncem krystalizace apatitu – pokud došlo k vyčerpání  $P_2O_5$  ze systému; reziduální fluida mohla být nadále obohacená Ca a F. To by mohlo naznačovat i složení metasomatického turmalínu (Tur 2c; obr. 2D) v žilkách okolo turmalínu po biotitu, který má podobné složení; zatímco přínos F pozdními fluidy byl nezbytný, jednodušším zdrojem Ca by v tomto případě mohl být i okolní plagioklas



**Obr. 3** Fotografie a BSE snímky texturních typů studovaných turmalínů. A) zonální turmalín s černým jádrem (Tur 3a) a růžovým lemem (Tur 3b), šířka pohledu 0.5 cm; B) BSE snímek krystalu z obr. 2A; C) jehlicovitý turmalín modré barvy Tur 3c (šířka pohledu 0.5 cm); D) BSE snímek heterogenního Tur 3c s jehlicovitým vývojem stejné generace.



Obr. 4 Chemické složení turmalínu z Dolní Rožínky znázorněné v diagramech podle Henry et al. (2011). Tmavě šedé symboly – starší měření (viz Metodika). Zkratky minerálů: Srl – skoryl, Tsl – tsilaisit, Dra – dravit, Mg-Foi – magnésio-foitit, oxy-Dra – oxy-dravit, (Mn-)Foi – mangano-foitit a foitit, oxy-Srl, Tsl – oxy-skoryl a oxy-tsilaisit, Elb – elbait.

(jako např. v Pikárci; Zahradníček, 2012). Vzhledem k tomu, že biotit se objevuje poměrně blízko dutin v asociaci s Tur+Qtz srůsty, může se v případě přínosu pozdních fluid jednat o vzdálenost několika málo cm. Pro potvrzení této hypotézy bude nutné studium většího počtu vzorků.

Když pomineme lehce zvýšené množství Ca v jehlicovitých nárůstech na turmalínech v dutinách a z metasomatického turmalínu okolo biotitu, tak je celkově množství Ca velmi nízké. To platí i pro Mg, který je zvýšený jen v nejstarších primárních turmalínech z grafické jednotky.

Pegmatit leží na kontaktu s dolomitickými mramory, ale z dosavadních výsledků k chemismu turmalínů je patrné, že pegmatitová tavenina i reziduální fluida (obsah Mg je v pozdních turmalínech velmi nízký) reagovaly s okolním dolomitickým mramorem pouze minimálně (srov. např. Novák et al. 2017).

### Srovnání s elbaitovými pegmatity Pikárec a Řečice

Elbaitový pegmatit v Dolní Rožince je do značné míry podobný elbaitovému pegmatitu v Pikárci, který se od studované lokality nachází cca 8.4 km na JZ (Zahradníček 2012). Oproti Pikárci má Dolní Rožinka okrajovou (granitickou jednotku) s muskovitem. Grafická jednotka v Dolní Rožince je objemovým množstvím, stavbou a složením identická s granitickou a grafickou jednotkou v Pikárci. Albitová jednotka je velmi podobná, jen s tím rozdílem, že v Dolní Rožince se albit zdá být častější a častěji má lupenitý charakter (cleavelandit). Dutiny mají podobnou stavbu a mineralogii, v Dolní Rožince ale chybí v dutinách zelený turmalín; převládá zde buď fialový až růžový turmalín a objevují se i modrofialové jehlicovité nárůsty na černém turmalínu.

Celkový trend vývoje turmalínu je na obou lokalitách relativně odlišný v obsahu vakancí, F a Mn v turmalínech (srov. Zahradníček 2012). Vyšší množství Na a nižší Mn a F v turmalínech z Dolní Rožinky než v Pikárci je pravděpodobně způsobeno především rozdílným složením primární pegmatitové taveniny a větším zastoupením granátů (respektive grafických srůstů) v grafické jednotce, kdy granát odčerpá značné množství Mn ze systému před krystalizací turmalínu.

Od elbaitového pegmatitu v Řečici (cca 11 km zsz. od Dolní Rožinky; Flégr 2016) se pegmatit Dolní Rožinka výrazně odlišuje. Nejvýraznější rozdíl je v odlišné stavbě (zonálnosti) a texturách. Zatímco pegmatit v Dolní Rožince má klasickou koncentrickou zonálnost, pegmatit Řečice je relativně homogenní s převládající středně zrnitou jednotkou, ve které se objevují agregáty hrubě zrnité jednotky. V Řečici nejsou dobře vyvinuty grafické srůsty turmalín + křemen a objevují se poměrně vzácně pouze v blízkosti dutin, zatímco v Dolní Rožince jsou běžné; často se objevují spolu s grafickými srůsty granát + křemen. Jediné texturně srovnatelné turmalíny z obou lokalit jsou černý a růžový turmalín v dutinách (elbait I).

Mineralogie obou žil se liší především obsahem albitu, který je v Řečici oproti K-živci poměrně vzácný, zatímco v Dolní Rožince je dominantní. Z elbaitového pegmatitu v Řečici je známo relativně velké množství dutinových a akcesorických minerálů, například boromuskovit, tusionit, kasiterit, granát, löllingit, bertrandit, zirkon, Mn-bohatý ilmenit a další (Flégr 2016). V Dolní Rožince byly prozatím pozorovány hojný granát, apatit, beryl, amblygonit-montebrazit; ve výbrusech je pak běžný i kasiterit, zirkon a minerály mikrolitové skupiny. Řečice je tak relativně bohatší bórem, ale chudší Na, Be, P a F.

Celkový trend vývoje turmalínu je na obou locali-

tách relativně podobný v obsahu vakancí a poměru Al/(Al+R<sup>2+</sup>). Z dostupných dat lze konstatovat, že turmalíny z Řečice jsou oproti turmalínům z Dolní Rožinky obecně bohatší o F a Ca; to je pravděpodobně způsobeno celkově jednodušším složením původní taveniny a výsledné mineralogie žily v Řečici, kdy Ca a F je v Dolní Rožince vázáno především v plagioklasu a apatitu. To odpovídá celkové mineralogii systému; samozřejmě se mohou ve větším souboru vzorků najít anomálie, které by odpovídaly lokálním frakcionačním extrémům ve složení taveniny.

### Závěr

Zjištění vývoje chemického složení turmalínů v elbaitovém pegmatitu Dolní Rožinka přineslo poměrně překvapující výsledky. Oproti typickým lokalitám elbaitových pegmatitů jako Pikárec a Řečice jsou turmalíny z pegmatitu Dolní Rožinka poměrně chudé Mn a F. Nejpravděpodobnějším důvodem je relativně odlišné složení původní taveniny mezi lokalitami; mineralogie pegmatitu v Dolní Rožince je bohatší a vysoký obsah granátu a fluorapatitu v grafické jednotce velmi pravděpodobně zabránil výrazné frakcionaci Mn a F do reziduální taveniny a fluidní fáze, která se objevuje na jiných lokalitách.

V rámci pegmatitu se uplatnila bórová metasomatóza, kdy biotit v okrajových jednotkách byl zatlačen skorylem; zdroj bóru není zřejmý, mělo by se ale jednat o metasomatický zdroj v B-bohaté tavenině během primární krystalizace pegmatitu. Tyto pseudomorfozy jsou totiž později zatlačovány agregáty křemene s F-bohatým elbaitem a fluor-elbaitem, jejichž původ lze hledat pouze v Li,F-bohatých reziduálních fluidech, které se odmísily z taveniny v závěrečném stadiu krystalizace albitové jednotky a dutin. Zajímavým texturním typem je v Dolní Rožince jehlicovitý modrofialový turmalín narůstající na starší skoryl-elbait. Jeho heterogenní složení se zvýšeným obsahem F a absencí Mg ukazuje na primární původ z reziduálních fluid bez kontaminace okolní horninou (srov. Novák et al. 2017), přechod ze sektorové zonálnosti na jehlicovitý habitus krystalů pak na přechod krystalizace do hydrotermálního stadia (Dutrow a Henry 2016, 2018).

Vliv kontaminace na vývoj pegmatitu byl zřejmě minimální, jelikož směrem do dutin se množství Ca ani Mg razantně nezvyšuje. Výrazná se nezdá ani raná kontaminace pegmatitové taveniny při/po intruzi, jelikož obsah Ca ani Mg v pegmatitu není nijak výjimečný ve srovnání s jinými pegmatity v moldanubiku. Zvýšené obsahy Ca v pozdních puklinových Li-turmalínech pak indikují (vzhledem k současné absenci Mg a hojnému fluorapatitu) především nabohacení Ca, F a P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> v reziduálních fluidech po krystalizaci pegmatitu.

### Poděkování

*Tato studie byla podpořena projektem GA17-17276S od Grantové agentury ČR.*

### Literatura

- DUTROW BL, HENRY DJ (2016) Fibrous tourmaline: a sensitive probe of fluid compositions and petrologic environments. *Can Mineral* 54: 311-335
- DUTROW BL, HENRY DJ (2018) Tourmaline compositions and textures: reflections of the fluid phase. *J Geosci* 63: 99-110
- ERCIT TS, GROAT LA, GAULT RA (2003) Granitic pegmatites of the O'Grady batholith, NWT, Canada: A case study of the evolution of the elbaite subtype of rare-element granitic pegmatite. *Can Mineral* 41: 117-137

- FLÉGR T (2016) Vývoj chemického složení turmalínů z elbaitového pegmatitu Řečice. MS diplomová práce, PŘF MU Brno
- HENRY DJ, NOVÁK M, HAWTHORNE FC, ERTL A, DUTROW LB, UHER P, PEZZOTTA F (2011) Nomenclature of the tourmaline-supergroup minerals. *Am Mineral* 96: 895-913
- LUSSIER AJ, HAWTHORNE FC (2011) Oscillatory zoned liddicoatite from Anjanaboina, central Madagascar. II. Compositional variation and mechanisms of substitution. *Can Mineral* 49: 89-104
- LUSSIER AJ, ABDU Y, HAWTHORNE FC, MICHAELIS VK, AGUIAR PM, KROEKER S (2011) Oscillatory zoned liddicoatite from Anjanaboina, central Madagascar. I. Crystal chemistry and structure by SREF and  $^{11}\text{B}$  and  $^{27}\text{Al}$  MAS NMR spectroscopy. *Can Mineral* 49: 63-88
- NOVÁK M, MAZUCH J (1987) Nový lithný pegmatit z Dolní Rožínky. *Acta Mus Moraviae, Sci Nat* 72: 257-258
- NOVÁK M, POVONDRA P (1995) Elbaite pegmatites in the Moldanubicum: a new subtype of the rare-element class. *Mineral Petrol* 55: 159-176
- NOVÁK M, ŠKODA R, GADAS P, KRMIČEK L, ČERNÝ P (2012) Contrasting origins of the mixed (NYF+LCT) signature in granitic pegmatites, with examples from the Moldanubian Zone, Czech Republic. *Can Mineral* 50: 1077-1094
- NOVÁK M, PROKOP J, LOSOS Z, MACEK I (2017) Tourmaline, an indicator of external Mg-contamination of granitic pegmatites from host serpentinite; examples from the Moldanubian Zone, Czech Republic. *Mineral Petrol* 111: 625-641
- NOVOTNÝ P, MAZUCH J (1999) Pegmatit u Dolní Rožínky, Žďár nad Sázavou. *Zpr Vlastivěd Muz (Olomouc)* 277: 44-48
- PAULIŠ P, MAZUCH J (2003) Amblygonit z lithného pegmatitu z Dolní Rožínky. *Vlastivěd Sbor Vysočiny* 16: 59-61
- PESQUERA A, GIL-CRESPO PP, TORRES-RUIZ F, TORRES-RUIZ J, RODA-ROBLES E (2016) A multiple regression method for estimating Li in tourmaline from electron microprobe analyses. *Mineral Mag* 80: 1129-1133
- SELWAY JB, NOVÁK M, ČERNÝ P, HAWTHORNE FC (1999) Compositional evolution of tourmaline in lepidolite-subtype pegmatites. *Eur J Mineral* 11: 569-584
- ZAHRADNÍČEK L (2012) Vývoj textur a chemického složení zonálních turmalínů z elbaitového pegmatitu v Pikárci u Křižanova. MS diplomová práce, PŘF MU Brno
- ZAHRADNÍČEK L, NOVÁK M (2012) Lithné slídy z elbaitových pegmatitů západní Moravy, Česká Republika. *Acta Mus Moraviae, Sci Geol* 97: 25-37